

Diss. ETH No. 20340

Modeling and Tracking Social Walkers

A dissertation submitted to the
ETH ZURICH

for the degree of
Doctor of Science ETH

presented by
Stefano Pellegrini
M.Eng. Sapienza University of Rome
born 17. December 1981
citizen of Italy

Examination Committee
Prof. Dr. Luc Van Gool, ETH Zurich and KU Leuven, examiner
Dr. Julien Pettré, INRIA-Rennes, co-examiner

2012

Abstract

Human motion behavior has been a popular topic in the social sciences since the 1960ies. Application such as evacuation simulators and autonomous character animation, soon raised the interest of other communities for the topic. As a consequence, the focus was not anymore only on the analysis of human motion, but on the synthesis as well. In recent years other fields, such as computer vision and robotics, have been increasingly more interested in exploiting human motion models for applications such as tracking, scene understanding and robot path-planning. In these days, visual trackers and motion capture technology have offered the possibility of both calibrating and validating the motion model with real data.

This dissertation investigates the importance of motion priors for applications such as tracking, trajectory prediction and crowd simulation. We first introduce a steering model that accounts for the anticipation with which humans avoid obstacles. The model is goal driven and, together with the avoidance component, it comprises of a grouping component to represent people walking together. The model is then used in a scene dependent crowd simulation application. Here we propose to use computer vision techniques to reduce the amount of work necessary to simulate a specific scene. Furthermore, in order to reproduce the motion patterns of the scene, we extend the steering model with a probabilistic goal selection layer. We finally propose two strategies for mixing real and virtual pedestrians in our simulations. We validate our model both on synthetic data and through a user study.

The steering model is then added in a multi-target tracking application, to provide it with a more informative motion prior. The benefit of this combined system becomes evident when the observation model is less reliable, such as during periods of long target occlusion. We further

extend the model in a multiple hypotheses way, and we apply it to the task of trajectory prediction. Here we show that the resulting system achieves robust results in predicting human trajectories within a time horizon of about five seconds in a busy scene.

The training and validation of the motion model of this dissertation requires the use of real trajectories. In order to extract them, we propose a novel multi-target tracker that exploits several motion priors, such as avoidance and grouping. We build the model within the framework of Conditional Random Fields, and we develop an efficient inference strategy to cope with the resulting model complexity.

The algorithms that we present in this dissertations have been evaluated on challenging sequences. The experiments show that we can reproduce naturally behaving motion and we can furthermore effectively exploit motion priors for tracking and trajectory prediction.

Sommario

I modelli del movimento umano sono stati un argomento di particolare interesse nelle scienze sociali fin dagli anni 60. Ben presto, l'interesse si diffuse in altre comunità, anche a causa di applicazioni come i simulatori delle situazioni di emergenza o l'animazione di personaggi virtuali. Di conseguenza l'attenzione non si concentrava più unicamente sull'analisi del movimento, ma anche sulla sua sintesi. Di recente altre comunità scientifiche si sono interessate all'argomento. L'area di visione computazionale e quella di robotica sono due esempi, dove questi modelli sono stati utilizzati in applicazioni quali il tracciamento di persone, l'analisi di alcune proprietà delle scene o per la pianificazione delle traiettorie dei robot. La disponibilità di metodi, come i dispositivi di motion capture e soprattutto i metodi di tracciamento basati su videocamere, ha reso possibile la calibrazione e la validazione di questi modelli con l'uso di dati reali.

Questa tesi si propone di studiare l'importanza di questi modelli del movimento umano per applicazioni quali il tracciamento, la predizione di traiettorie e la simulazione di persone.

Per prima cosa descriviamo un modello del movimento che simula come le persone anticipano la collisione con gli ostacoli. Il modello guida il soggetto verso il suo obiettivo, considerando gli ostacoli da evitare e l'interazione con gli altri, eventuali, soggetti appartenenti allo stesso gruppo. Il modello è quindi utilizzato per simulare le persone nel contesto di alcune specifiche scene. Uno degli obiettivi è quello di ridurre al minimo il lavoro manuale necessario per simulare una particolare scena. A tale scopo, il modello è esteso per permettere di rappresentare la scelta delle azioni di movimento da parte del soggetto. Nell'applicazione che presentiamo, siamo in grado di simulare allo stesso tempo soggetti reali e soggetti virtuali. I risultati sono utilizzati in uno studio condotto su un gruppo di volontari, che ne valuta il realismo.

Il modello del movimento è quindi utilizzato per il tracciamento delle persone. In particolare, il modello è utilizzato nella fase di predizione del sistema di tracciamento. Qui mostriamo come i benefici più significativi si hanno quando i dati osservati non sono abbastanza affidabili, come ad esempio accade quando il soggetto tracciato è temporaneamente occluso. Inoltre mostriamo come sia possibile estendere il modello probabilisticamente per ottenere una robusta predizione delle traiettorie. Il sistema è in grado di predire diverse possibili traiettorie per ogni soggetto. Questo rende possibile predire le traiettorie con una certa affidabilità all'interno di un orizzonte temporale di circa cinque secondi.

La calibrazione e la validazione del modello del movimento richiede l'utilizzo di dati reali. Per estrarre questi dati, proponiamo un nuovo sistema di tracciamento che sfrutta caratteristiche del movimento dei soggetti. Il modello del tracciamento utilizza i Conditional Random Field. Sviluppiamo a tal proposito una strategia specifica per la risoluzione del problema in questo contesto.

Gli algoritmi che presentiamo in questa tesi sono testati su delle sequenze di immagini che offrono diverse difficoltà per l'analisi. Gli esperimenti mostrano che siamo in grado di analizzare il movimento delle persone, come mostriamo nelle applicazioni di tracciamento e predizione delle traiettorie, e sintetizzare lo stesso, come mostriamo nelle simulazioni di alcune scene.